

L'ESSENTIEL

Une nouvelle génération de réacteurs innovants

L'industrie nucléaire connaît une vague d'innovations sans précédent, avec le développement de nouveaux concepts de réacteurs pour répondre aux besoins croissants d'électricité

bas carbone et de décarbonation de différents vecteurs (chaleur, hydrogène...).

LE CHIFFRE CLÉ

83

C'est, en 2022, le nombre de nouveaux concepts de petits réacteurs modulaires innovants en développement dans le monde¹.

LE SAVIEZ-VOUS ?

En 2022, pour la première fois au monde, une réaction de fusion nucléaire a produit plus d'énergie qu'elle n'en a consommée².

LEVER LE DOUTE

Peut-on explorer l'espace sans nucléaire ?

Lors d'Apollo 11 (1969), des générateurs³ à radio-isotopes (RTG) ont protégé les instruments de la nuit solaire (-175°C).

Depuis, les RTG ont équipé les sondes d'exploration vers Jupiter⁴, Saturne⁵, et les confins du système solaire⁶. Sur Mars, ils alimentent les rovers Curiosity (2011) et Perseverance (2020).

L'énergie nucléaire approvisionnera les nouvelles bases sur la lune, où la nuit est de 14 jours.

Des recherches sont en cours sur la propulsion nucléothermique qui pourrait faire passer de 180 à 90 jours le temps de trajet vers Mars.

L'ARGUMENT

Le nucléaire civil est une technologie récente (70 ans). L'innovation dans le numérique et les matériaux permet de faire émerger de nouveaux concepts.

LES RÉFÉRENCES

1. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments - AIEA - 2022
2. National Ignition Facility (États-Unis) - 2022
3. Nuclear's small role in humanity's biggest adventure - WNN - 2019
4. Galileo (1989)
5. Cassini (1997)
6. Voyager 1 et 2 (1977)

Une nouvelle génération de réacteurs innovants

1. De nouveaux concepts de réacteurs

L'AIEA recense plus de 80 nouveaux concepts différents de réacteurs innovants de 10 à 300MW dans le monde, avec une certaine avance aux États-Unis, en Russie, et en Chine.

La Commission européenne a annoncé en novembre 2023 la création d'une alliance industrielle pour les petits réacteurs.

Les Small/Advanced Modular Reactors (SMR/AMR) présentent de **nouveaux modèles économiques** (nouveaux usages, fabrication en usine), **de nouvelles approches de sûreté** (petite taille, sûreté intrinsèque) et **de nouveaux modes de gestion des matières et des déchets** (multirecyclage).

Le programme France 2030 soutient le développement du SMR Nuward (2x170MWe) et l'appel à projets « réacteurs innovants », orienté vers l'innovation de rupture. Avec l'accompagnement du CEA, une quinzaine de startups ont répondu à cet appel à projet, sur des technologies très diverses (réacteurs rapides au sodium, au plomb, aux sels fondus...).

Le domaine de la fusion nucléaire a connu une année record en 2022, avec plus de 6 milliards de dollars⁷ d'investissements. Le réacteur expérimental Iter servira de banc d'essai pour l'industrialisation de cette technologie.

2. De nouveaux usages

Les SMR/AMR peuvent aussi produire de la chaleur bas carbone, aux côtés de la biomasse et la géothermie. **Leur taille est adaptée pour servir des zones industrielles, des réseaux de chaleur urbains et des sites isolés.**

Plusieurs technologies produiront de la chaleur à plus de 500°C, ce qui est nécessaire pour décarboner certains procédés industriels. Les réacteurs peuvent aussi alimenter en cogénération des électrolyseurs à haute température⁸ pour produire de l'hydrogène propre.

Le nucléaire présente des perspectives prometteuses pour la propulsion spatiale, les générateurs transportables et même pour le transport maritime.

3. Des innovations en synergie avec d'autres secteurs industriels

Orano et Stellantis ont signé en octobre 2023 un accord pour le recyclage des batteries des véhicules électriques, avec une technologie dérivée du savoir-faire nucléaire en chimie séparative.

Framatome développe l'utilisation de fabrication additive pour réaliser des éléments clés pour la sûreté. Il a installé le premier composant de combustible en acier inoxydable imprimé en 3D dans la centrale nucléaire de Forsmark (Suède) en 2022⁹.

L'intelligence artificielle se déploie pour exploiter de grandes quantités de données pour générer de nouvelles connaissances (maintenance prédictive) ou fournir aux collaborateurs de nouveaux outils (opérateur augmenté).

LES RÉFÉRENCES (SUITE)

7. « Nouveau record d'investissement dans la fusion nucléaire en 2022 » - RGN - 2023

8. Comme la technologie Genvia d'électrolyseur d'oxyde solide à haute performance

9. Les innovations nucléaires au service du « zéro émission nette » - IAEA - 2023